

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 03-012612

(43)Date of publication of application : 21.01.1991

(51)Int.Cl.

G02B 6/42
G02B 6/12
G02B 6/30

(21)Application number : 01-147457

(71)Applicant : FUJITSU LTD

(22)Date of filing : 09.06.1989

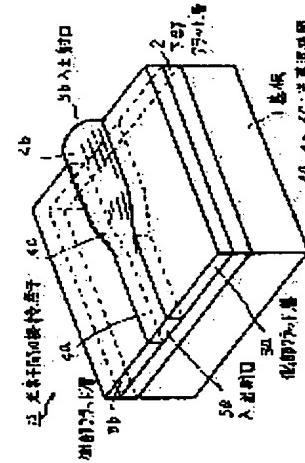
(72)Inventor : MIURA KAZUNORI
SAWAKI IPPEI
SUZUKI TOSHIHIRO

(54) CONNECTING ELEMENT BETWEEN OPTICAL ELEMENTS

(57)Abstract:

PURPOSE: To obtain high coupling efficiency by providing a lower clad layer having a specified refractive index and a side part clad layer consisting of the same org. high-polymer material as the org. high polymer material of the lower clad layer.

CONSTITUTION: A photopolymerizable org. material is mixed with and applied on the material of the lower clad material 2. The parts to constitute waveguides 4a to 4c are exposed by UV rays. The shapes, sizes, etc., of the optical waveguides 4a to 4c are controlled by changing the shape of an exposing mask and exposing conditions. The optical waveguides 4a to 4c changed in the refractive index distribution are formed as cores by changing the combinations of photopolymerizable org. materials along the optical path. The lower parts and side parts are enclosed by the clad having the low refractive index. Namely, the connecting element 10 which is increased in the refractive index in the part of the small cross section of the waveguide 4a, is decreased in the refractive index in the parts 4b, 4c of the large cross section and has the circumferential refractive index smaller than the refractive index of the waveguide parts 4a to 4c is constituted. The easy connection of various kinds of elements to each other with a low loss is possible in this way and the performance and quality of the connecting element between the optical elements are improved.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

⑯ 日本国特許庁(JP)

⑪ 特許出願公開

⑫ 公開特許公報(A) 平3-12612

⑬ Int. Cl. 3

G 02 B 6/42
6/12
6/30

識別記号

府内整理番号

⑭ 公開 平成3年(1991)1月21日

A

8507-2H
7036-2H
7132-2H

審査請求 未請求 請求項の数 1 (全7頁)

⑮ 発明の名称 光素子間の接続素子

⑯ 特願 平1-147457

⑰ 出願 平1(1989)6月9日

⑱ 発明者 三浦 和則 神奈川県川崎市中原区上小田中1015番地 富士通株式会社
内

⑲ 発明者 佐脇 一平 神奈川県川崎市中原区上小田中1015番地 富士通株式会社
内

⑳ 発明者 鈴木 敏弘 神奈川県川崎市中原区上小田中1015番地 富士通株式会社
内

㉑ 出願人 富士通株式会社 神奈川県川崎市中原区上小田中1015番地

㉒ 代理人 弁理士 井桁 貞一

明細書

子。

1. 発明の名称

光素子間の接続素子

2. 特許請求の範囲

基板(1) と、

前記基板(1) 上に形成された、一定の屈折率を有する有機高分子材料からなる下部クラッド層(2) と、

前記下部クラッド層(2) の上に、両端の光の入射口(5a, 5b) が異なる形状、大きさを有し、その間の屈折率が前記下部クラッド層(2) の屈折率よりも大きく、かつ、光路に沿って大きな出射口(5a)から小さな出射口(5b)に向かって大きくなるように形成された有機高分子材料からなる光導波路部(4) と、

前記光導波路部(4) の両側面に密接して設けられた、前記下部クラッド層(2) と同一の有機高分子材料からなる側部クラッド層(3a, 3b) とを少なくとも備えたことを特徴とする光素子間の接続素

3. 発明の詳細な説明

〔概要〕

光素子間の接続素子に関し、

たとえば、半導体レーザからの光を、光ファイバへ单一モードで効率よく簡易に結合することを目的とし、

基板と、前記基板上に形成された一定の屈折率を有する有機高分子材料からなる下部クラッド層と、前記下部クラッド層の上に、両端の光の入射口が異なる形状、大きさを有し、その間の屈折率が前記下部クラッド層の屈折率よりも大きく、かつ、光路に沿って大きな出射口から小さな出射口に向かって大きくなるように形成された有機高分子材料からなる光導波路部と、前記光導波路部の両側面に密接して設けられた前記下部クラッド層と同一の有機高分子材料からなる側部クラッド層とを少なくとも備えるように光素子間の接続素子を構成する。

(産業上の利用分野)

本発明は光素子間の接続素子の改良に関する。

近年、光ファイバやレーザ光源の進歩・発達に伴い、光通信をはじめ光技術を応用した各種のシステム、デバイスが実用化され広く利用されるようになつた。

とくに、光通信で使用される発光あるいは受光素子（光素子）と光ファイバとの間の光結合技術の良否は、光損失の大きさ、すなわち伝送距離を左右する極めて重要なものである。

一般的には、光ファイバと光素子の間にマイクロ球レンズを挿入したり、光ファイバの先端を凸レンズ状に加工して結合している。

これら光結合に用いる部品は極めて小さく、加工は勿論のこと、取扱いも熟練を必要としており、現状は必ずしも満足できる状況ではなく、位置合わせ精度、作業性、長期的信頼性などの点で、一体化された固体接続素子の開発が求められている。

(従来の技術)

素子間の接続構造を示す図(その1)

第5図は従来の光結合方法を説明する図で、何れも実用化されている代表的な2つの例を示したものである。

一般に半導体レーザから出射される光は円形ではなく、活性層に平行な方向に広がった、たとえば、長径 $5\text{ }\mu\text{m}$ 、短径 $1.5\text{ }\mu\text{m}$ の橢円をなしている。一方、光ファイバの導光部であるコアは、たとえば、 $10\text{ mm}\phi$ の円形断面を有しているので、半導体レーザと光ファイバをそのまま突き合わせて接続しても、光は光ファイバに効率よく伝播されることがない。

同図(イ)は円柱レンズ50で、先ず半導体レーザ6の出射光を長径を直径とする円形ビームに整形し、次に集束性ロッドレンズ51により光ファイバ7のコア71に結合するようにしたもので、現在最も多く用いられている方法である。

この方法はすでに実用化されている光学部品を利用できる利点があるが、それぞれの部品を支持するホルダ類を含め構成部品数が多く、かつ、各

光学部品間の光軸合わせに熟練と長時間を要する。

同図(ロ)はテープ先球ファイバによる光結合方法で、図中、71は光ファイバ7のコア、72はテープ部、73は光ファイバ先端に形成された凸レンズ部である。

この結合方法は部品点数も少なく、全体の寸法も小さくなるという利点があるが、半導体レーザ6から出た光が入射し、それを光ファイバへ集光させるレンズ機能が一面のみであるので、微小レンズ加工が必要であり、また、高い光結合効率を得にくい。

一方、これに対して、より高い効率で結合させ、かつ、安定した一体型の接続素子の提案がなされている（たとえば、Appl.Phys.Lett., Vol.45, No.8, pp815 ~ 817, 1984参照）。

すなわち、第6図は従来の光素子間の接続構造を示す図（その2）で、前記文献に記載された図から引用したものである。

同図(イ)は素子構成の概略図で、100はガラス基板、103は埋込み光導波路である。埋込み光

導波路103は前記ガラス基板100の上に、 $50\text{ }\mu\text{m}$ の巾の導波路となる部分を露出させて金属マスクで覆い、 $420 \sim 450^{\circ}\text{C}$ の KNO_3 溶融塩の中で20~30時間浸漬し K_2O を表面に拡散させ、金属マスクを除去したのち、その上に基板と同一のガラス層をスパッタリング法で形成している。次に、光路方向に屈折率分布を持たせるため、 CO_2 レーザを照射しながら導波路部分に沿って移動させて K_2O の再拡散を行なわせている。すなわち、図の出射側②の方がより多くレーザ照射による再拡散が起こるようにして、 K_2O の拡散領域を広げ、他方その領域での K_2O の濃度は低下するようにしている。

その結果、光の入射口①の方は導波路断面が小さいが K_2O の濃度が高い、すなわち、屈折率が高く、一方、光の出射口①の方に行くに従って、導波路断面が大きくなるが K_2O の濃度は低い、すなわち、屈折率が小さくなる、いわゆる、埋込み型の単一モード光導波路からなるカップラーが構成される。

同図(ロ)および(ハ)は光の入射側①および

出射側②のK:0 の濃度分布を示したものである。

(発明が解決しようとする課題)

しかし、最近の長距離光通信に使用されるシングルモードの光ファイバは、外径が $100 \mu\text{m}$ 程度で、コア $7\text{ }\mu\text{m}$ の太さも高々 $10 \mu\text{m}$ である。

したがって、上記の従来方法における、半導体レーザ、レンズ、ファイバとの光軸合わせは数 μm 以下の精度が要求されるので、部品加工と組立て調整に極めて高精度と熟練作業を要し、また一方、テーパ先球ファイバの場合は、高い結合効率を得るためにには曲率半径が $10 \sim 20 \mu\text{m}$ といった極微小の高精度レンズ加工を要し、何れの場合も、品質・歩留りの不安定性や価格が高くな等の問題がある。

また、埋込み型の単一モード光導波路からなるカップラーの場合は、導波路形成の条件がデリケートでコントロールが難しく、未だ実用レベルの製品が得られないなどの問題があり、その解決が必要であった。

てきて、露光部分の膜が盛り上がり微小な有機高分子材料からなるマイクロレンズ、あるいは、マイクロレンズアレイが形成できることは、既に本発明者等によって見出されている（鈴木、外處：“プラスチックマイクロレンズの新しい製造方法”応用物理学会、微小光学研究グループ報告、VOL.5、No.2, pp20 ~ 25, 1982 参照）。

本発明は、上記のプラスチックマイクロレンズの形成原理を部分的に応用したもので、すなわち、基板1の上に、第1層として有機高分子材料からなる下部クラッド材2をコートし、次いで、第2層として前記下部クラッド材2の材料に光重合性の有機材料を混合してコートし、導波路となる部分を紫外線で露光することによって、露光部分を円筒型に盛り上げ、かつ、露光マスクの形状や露光条件を変えることによって、光導波路の形状、大きさなどの制御ができる、また、光重合性有機材料の組み合わせを導波路の光路に沿って変えれば、その屈折率分布が変化した光導波路がコアとして形成され、その下部と側部をクラッドで囲まれた

(課題を解決するための手段)

上記の課題は、基板1と、前記基板1上に形成された一定の屈折率を有する有機高分子材料からなる下部クラッド層2と、前記下部クラッド層2の上に、両端の光の入射口5a, 5bが異なる形状、大きさを有し、その間の屈折率が前記下部クラッド層2の屈折率よりも大きく、かつ、光路に沿って大きな出射口5aから小さな出射口5aに向かって大きくなるように形成された有機高分子材料からなる光導波路部4と、前記光導波路部4の両側面に密接して設けられた、前記下部クラッド層2と同一の有機高分子材料からなる側部クラッド層3a, 3bとを少なくとも備えた光素子間の接続素子によって解決することができる。

(作用)

有機高分子材料の中に光重合性の有機材料を混合して、ガラス基板の上にコートし、円形マスクを通して紫外線で露光すると、光重合の進行に伴って非露光部分から光重合性の有機材料が拡散し

接続素子が構成される。

すなわち、導波路の断面積の小さい部分では屈折率を大きくし、断面積の大きい部分では屈折率を小さくし、かつ、周囲の屈折率を導波路部の屈折率よりも小さく形成した、いわゆる、单一モード光導波路系の条件を満足する光素子間の接続素子が構成できるのである。

(実施例)

第1図は本発明の実施例示す斜視図である。図中、1は基板で、たとえば、大きさ $5 \times 20\text{ m}$ 、厚さ $0.5 \mu\text{m}$ のSiやガラス板を使用する。2は下部クラッド層で、たとえば、メタクリル酸メチル(MMA)とメタクリル酸グリジル(GMA)の1対1の共重合体からなる約 $20 \mu\text{m}$ の膜であり、この場合には屈折率は1.51である。

3a, 3bは側部クラッド層で、たとえば、同じくメタクリル酸メチル(MMA)とメタクリル酸グリジル(GMA)の1対1の共重合体からなる厚さ $5 \mu\text{m}$ の膜であり、したがって、屈折率は1.51である。

4a, 4b, 4cは光導波路部で、たとえば、後で詳しく述べるごとき材料とプロセス形成されるが、下面は下部クラッド層2と密接し、両側面は側部クラッド層3a, 3bと密接しており、入出射口5a側はたとえば、 $5 \times 1.5 \mu\text{m}$ の長方形をなして光導波路4aを形成し、入出射口5b側は、たとえば、凡そ底面が $10 \mu\text{m}$ で厚さ $5 \mu\text{m}$ の台座の上に半径 $5 \mu\text{m}$ の半円が載った形をなして光導波路4bを形成している。両者の中間部では断面積が徐々に変化している光導波路部4cが形成され、全体の光導波路4が構成されている。

なお、光導波路4の光路に沿った方向の屈折率分布は、たとえば、光導波路部4aの部分が1.54、光導波路4bの部分が1.52、光導波路部4cの部分では上記両者の中間の値をとって緩やかに変化するようにしてある。

第2図は本発明の光素子間の接続素子の動作を説明する図で、図中、6は半導体レーザ、7は光ファイバ、10は光素子間の接続素子である。

同図(ロ)は接続光学系で光素子として半導体

で結合することができる。

次に、本発明の光素子間の接続素子を形成するための具体的な製造工程の実施例を工程順に説明する。

第3図(その1)は本発明の接続素子の製造工程の実施例を示す図(その1)で、同図(イ)は平面図、同図(ロ)はA-A'断面図、同図(ハ)は側面図で各工程図とも同様に表示してある。

工程(1): たとえば、厚さ $0.5 \mu\text{m}$ のSI基板を平滑に加工し、その上に、たとえば、メタクリル酸メチル(MMA)とメタクリル酸グリシジル(GMA)の1対1の共重合体からなる約 $20 \mu\text{m}$ の膜をスピンドルコート法で塗布し、 80°C で45分加熱乾燥する。

工程(2): 前記処理ずみ基板の上に、メタクリル酸メチル(MMA)とメタクリル酸グリシジル(GMA)の1対1の共重合体に、光重合性の有機材料である、たとえば、メタクリル酸メチル(MMA)とメタクリル酸ベンジル(BMA)を約20%、たとえば、アセトンなどの溶剤とともに混合溶解し、同じくスピンドルコート法で塗布し、 80°C で45分加熱乾燥して、

レーザ6と光ファイバ7の間を、上記本発明実施例の構成の光素子間の接続素子10により高い効率で接続する場合である。矢印は光の進む方向と光ビームの広がり方を模式的に示した。

同図(ハ)はそれぞれの光素子における固有の光ビーム形状を示したもので、半導体レーザ6の出射ビームは小さな橢円形、光ファイバ7はより大きな円形をなしている。すなわち、実施例の入出射口5a, 5bの大きさに見合った形状なので、高い結合効率が得られるのである。

同図(イ)は本発明実施例の導波路内の光路に沿った方向の屈折率分布を示したもので半導体レーザ6の側で屈折率が大きく、光ファイバ7の側で小さくなっている。

この構成図をみれば明らかのように、導波路の断面積の小さい部分では屈折率が大きく、断面積の大きい部分では屈折率が小さく、かつ、周囲の屈折率が導波路部の屈折率よりも小さく形成されているので、単一モード光導波路系の条件を満足し、半導体レーザ6と光ファイバ7の間を低損失

厚さ $5 \mu\text{m}$ のコア材料層30を形成する。

工程(3): 前記処理ずみ基板のコア材料層30の片側に、たとえば、巾 $10 \mu\text{m}$ で膜の中央部分に向かって巾が狭くなる形に紫外線露光を行なう。すると紫外線照射領域で光重合が進行するのにともなって、非露光領域から前記光重合性有機材料が露光領域に拡散してきて、露光領域が盛り上がり先端円錐形の円筒状の光導波路部4bが形成される。

この際、中央部分、すなわち、巾が狭くなる部分の露光量を減らして厚さ分布や光重合生成物の生成量を少なくして、屈折率分布をより緩やかに形成するようにしてもよい。

工程(4): 前記処理ずみ基板を 70°C で約30分間ベーリングする。メタクリル酸メチル(MMA)はメタクリル酸ベンジル(BMA)より蒸気圧が高いので、前記コア材料層の非露光領域のメタクリル酸メチル(MMA)が除去され、非露光領域には光重合性有機材料としてはメタクリル酸ベンジル(BMA)のみが残ったベーリングコア材料層25が形成される。

工程(5): 前記処理ずみ基板のベーリングコア材

料層25の上に、前記光導波路部4bとは反対の側に中心が同軸になるようにして、たとえば、 $5 \mu m$ の巾で適当なフォトマスクを用い紫外線露光を行なう。すると紫外線照射領域でメタクリル酸ベンジル(BMA)の重合が進行してポリメタクリル酸ベンジル(PBMA)が生成し、その結果、光導波路部4aが形成され、また、先に形成した光導波路部4bの中間部には形状、断面積、屈折率などの遷移領域である光導波路部4cが形成される。最後にメチルアルコール中に2分間浸漬して、非露光領域の未反応のBMAを溶解除去し、 $80^{\circ}C$ 、45分間乾燥して側部クラッド層3a,3bを形成する。かくして、本発明の光素子間の接続素子が構成される。

なお、上記製造工程は一実施例を説明したものであり、本発明の趣旨に従うものであれば、そのクラッド材料やコア材料は他の有機材料、他の光重合性有機材料を用いてもよく、また、光導波路部の形成方法も適宜他の方法を組み合わせて用いることができるることは勿論である。

第4図は本発明の接続素子の実施例の屈折率分

示してあるが、実際には拡散などによりやゝ緩やかに変化している。また、こゝには図示していないが、下部クラッド層2もPMMA+PGMAで構成されているので、同様に屈折率 $n = 1.51$ となり光導波路4よりも屈折率は小さい。したがって、レーザ光は光導波路4に閉じ込められその中を伝播される。

また、屈折率が高い光導波路部4aが狭く、屈折率が低い光導波路部4bが広いので、单一モード光導波路系の条件を満足し、たとえば、半導体レーザと光ファイバの間を低損失で結合できることがわかる。

(発明の効果)

以上説明したように、本発明によれば基板1の上に、第1層として有機高分子材料からなる下部クラッド材2をコートし、次いで、第2層として前記下部クラッド材2の材料に光重合性の有機材料を混合してコートし、導波路となる部分を紫外線で露光することによって、露光部分を円筒型に盛り上げ、かつ、露光マスクの形状や露光条件を

布図で、同図(イ)は第3図(その2)の工程(5)に示したA-A'断面図、同図(ロ)はB-B'断面図、C-C'断面図である。

同図(イ)は光路に沿った方向の屈折率分布であり、光導波路部4aの部分はメタクリル酸メチル(MMA)とメタクリル酸グリシル(GMA)の重合体、すなわち、PMMA+PGMA(屈折率 $n = 1.51$)とポリポリメタクリル酸ベンジル(PBMA)(屈折率 $n = 1.57$)の混合物からなり、総合の屈折率 $n = 1.54$ であり、光導波路部4bの部分はPMMA+PGMA(屈折率 $n = 1.51$)とPMMA(屈折率 $n = 1.49$)とポリポリメタクリル酸ベンジル(PBMA)(屈折率 $n = 1.57$)の混合物からなり、総合の屈折率 $n = 1.52$ となる。

そして、その中間の光導波路部4cでは図示したごとく、屈折率 $n = 1.54$ から 1.52 に緩やかに減少している。

同図(ロ)では同様に断面を見ると、側部クラッド層3a,3bはPMMA+PGMAで構成されているので、屈折率 $n = 1.51$ となり光導波路4よりも屈折率は小さい。図では屈折率変化を急峻なステップ状に

変えることによって、光導波路の形状、大きさなどの制御ができる、また、光重合性有機材料の組み合わせを導波路の光路に沿って変えれば、その屈折率分布が変化した光導波路がコアとして形成され、その下部と側部を屈折率の低いクラッドで囲まれた接続素子が構成される。

すなわち、導波路の断面積の小さい部分では屈折率を大きくし、断面積の大きい部分では屈折率を小さくし、かつ、周囲の屈折率を導波路部の屈折率よりも小さく形成した、いわゆる、单一モード光導波路系の条件を満足する光素子間の接続素子が構成できる。したがって、各種の光素子間を低損失で、かつ、容易に接続することができるでの、光素子間接続素子の性能・品質の向上に寄与するところが極めて大きい。

4. 図面の簡単な説明

第1図は本発明の実施例を示す斜視図、

第2図は本発明の光素子間の接続素子の動作を説明する図、

第3図(その1)は本発明の接続素子の製造工程の実施例を示す図(その1)。

第3図(その2)は本発明の接続素子の製造工程の実施例を示す図(その2)。

第4図は本発明の接続素子の実施例の屈折率分布図。

第5図は従来の光素子間の接続構造を示す図(その1)。

第6図は従来の光素子間の接続構造を示す図(その2)である。

図において、

1は基板、2下部クラッド層、

3(3a,3b)は側部クラッド層、

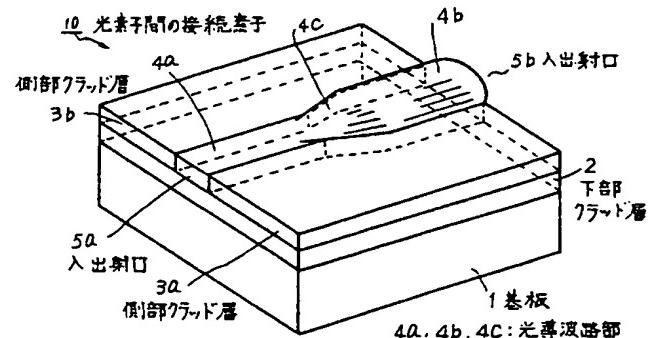
4(4a,4b,4c)は光導波路部、

5a,5bは入出射口、

6は半導体レーザ、7は光ファイバ、

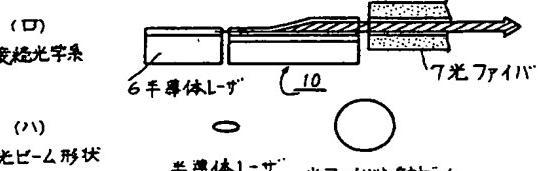
10は光素子間の接続素子である。

代理人 弁理士 井桁 貞一

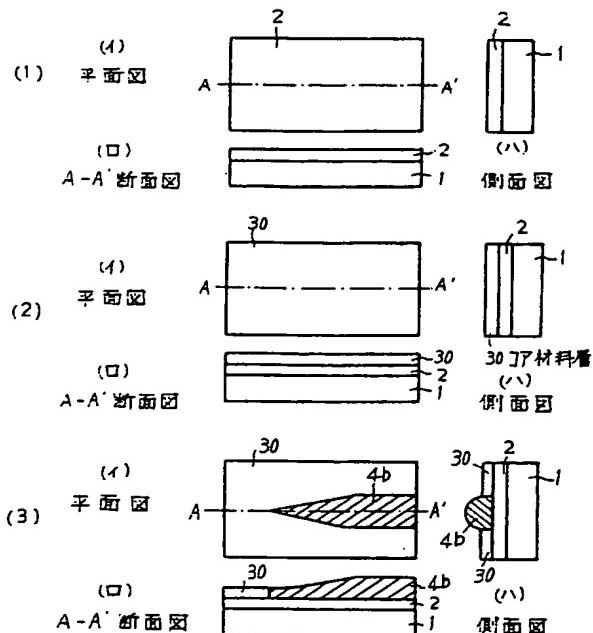


本発明の実施例を示す斜視図
第1図

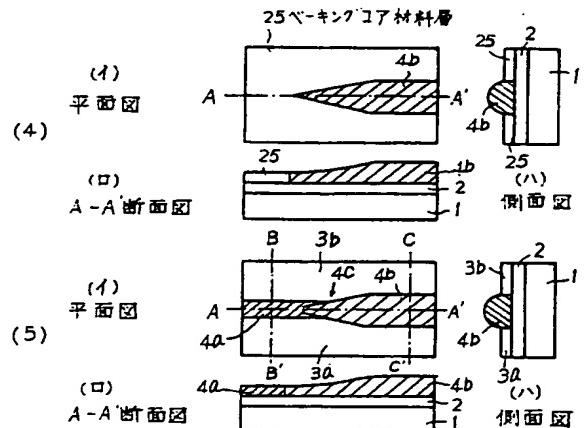
(1)
本発明実施例
の導波路内の
屈折率分布



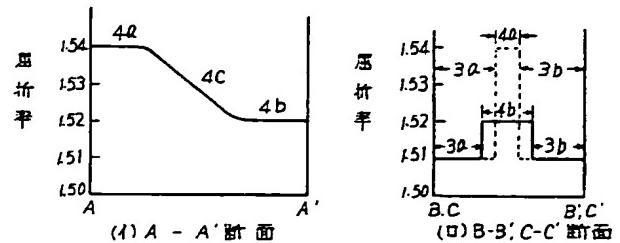
本発明の光素子間の接続素子の動作を説明する図
第2図



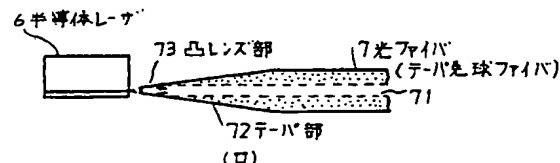
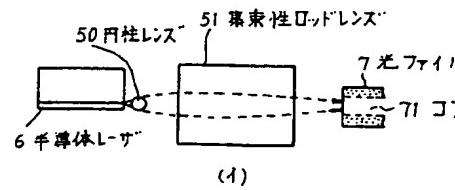
本発明の接続素子の製造工程の実施例を示す図(その1)
第3図(その1)



本発明の接続素子の製造工程の実施例を示す図(その2)
第3図(その2)

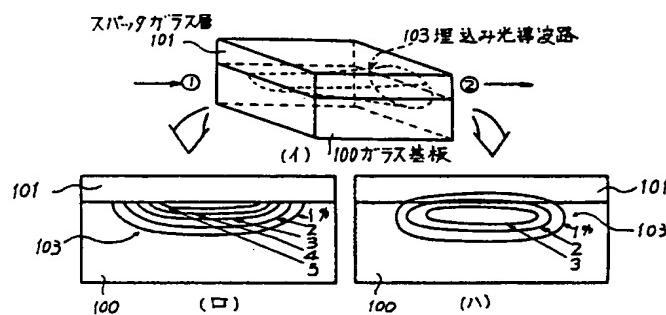


本発明の接続素子の実施例の屈折率分布図
第4図



従来の光素子間の接続構造を示す図(4の1)

第5図



従来の光素子間の接続構造を示す図(4の2)

第6図